

# РАТАН-600 – 2016\_I



Сотникова Ю.В., САО РАН

# Наблюдательные программы 2016-1

## Наблюдения в континууме\*:

### I. Галактические объекты.

Мониторинг радиопеременности микроквazarов (CAO РАН; Smithsonian Astrophys. Obs., USA; CIFS, Italy; Universite Paris, France).

### II. Внегалактические источники – 6 программ:

CAO РАН, ГАИШ МГУ, АКЦ ФИАН, Рабочая группа РАДИОАСТРОН (13 стран), Aalto University Metsahovi Radio Observatory.

-----

\*Вторичные зеркала №1 и №2 с комплексом аппаратуры сплошного спектра (приемно-измерительные комплексы МАРС-3 и ЭРИДАН).

## Программы по изучению радиоизлучения Солнца

### III. Радиоизлучение Солнца.

1. Геоэффективные процессы в солнечной атмосфере и нестационарные явления в околоземном космическом пространстве (ИСЗФ СО РАН).
2. Исследование особенностей микроволнового излучения активных областей перед мощными эруптивными событиями (ГАО РАН).
3. Мониторинг солнечной активности в максимуме 24 цикла (ГАО РАН).
4. A study multiple polarization inversion on frequency on the RATAN-600 (University of Ioannina, Greece).
5. Совместные исследования магнитосфер активных областей на ГАС ГАО и РАТАН-600 (ГАС ГАО РАН).

### IV. Аппаратурно-методические, измерительные.

1. Антенные измерения (CAO РАН). Вторичные зеркала №1-3.

# Наблюдения в 2016 (1) г.

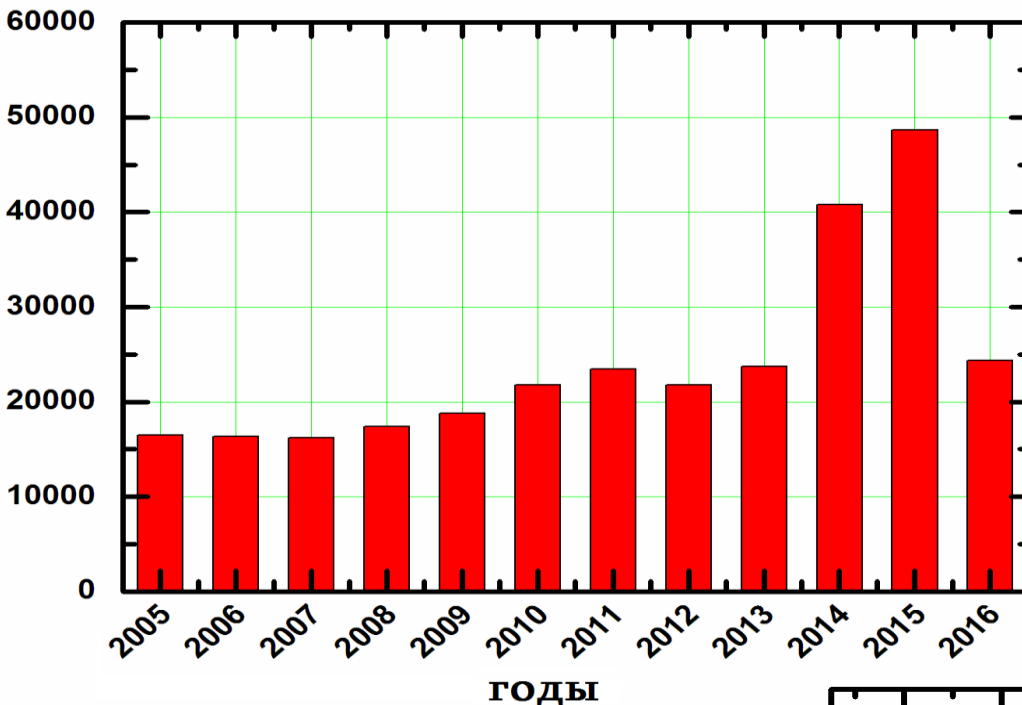
## Континуум (вторичные зеркала №1 и №2)

- Запланировано: 24368 наблюдений
- Потери: 2790 (11,3 %)
- Погода 2559 (10,5%) (первое полугодие – 1225)
- Аппаратура 162 (0,6%)
- Прочее 69 (0,2%)

## Солнечный комплекс (вторичное зеркало №3)

- Запланировано: 1483 наблюдения
- Потери: 132 (8,8 %)
- Погода 90 (6 %)
- Аппаратура 9 (0,6%)
- Прочее 33 (2,2%)

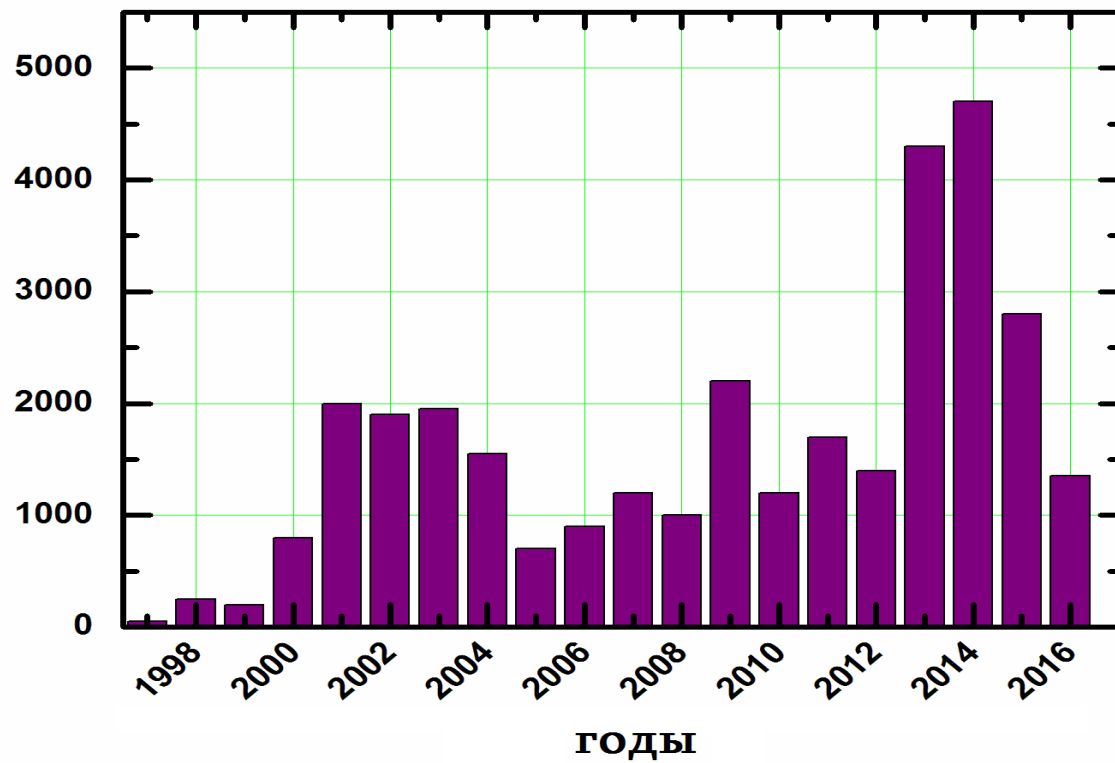
КОЛИЧЕСТВО НАБЛЮДЕНИЙ



**КОНТИНУУМ**

**Солнце**

КОЛИЧЕСТВО НАБЛЮДЕНИЙ



ГОДЫ

# Радиометры континуума РАТАН-600

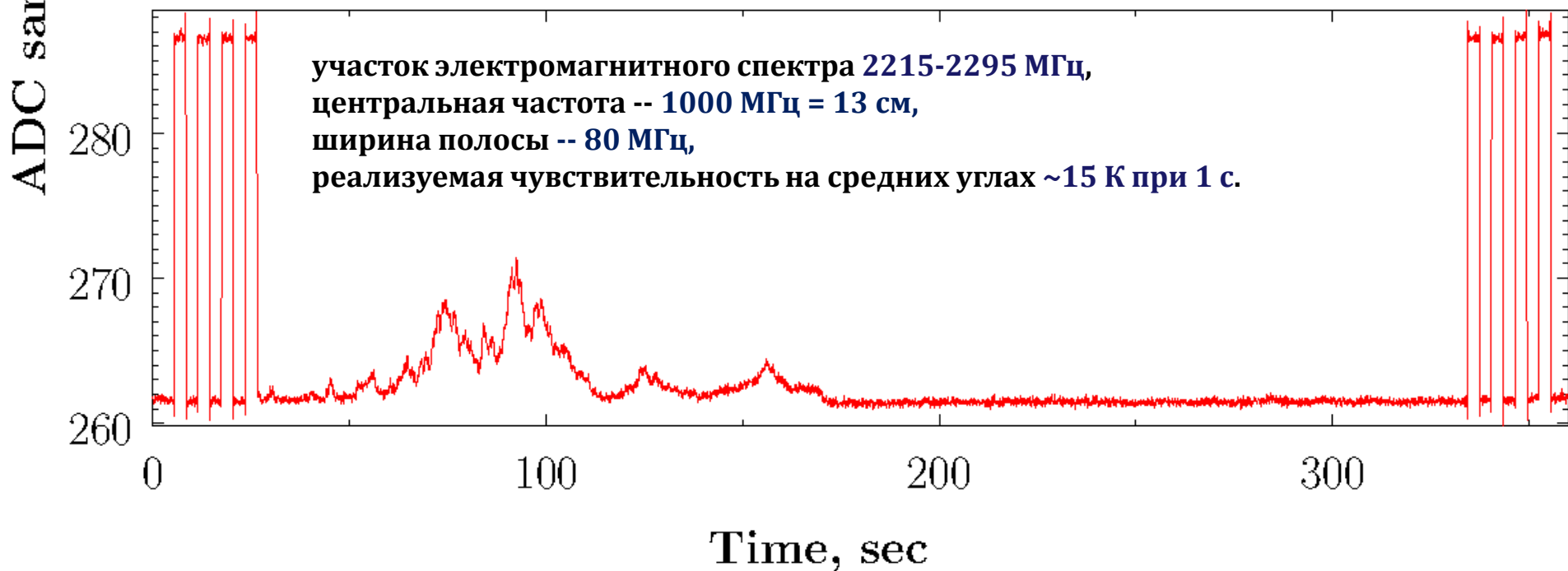
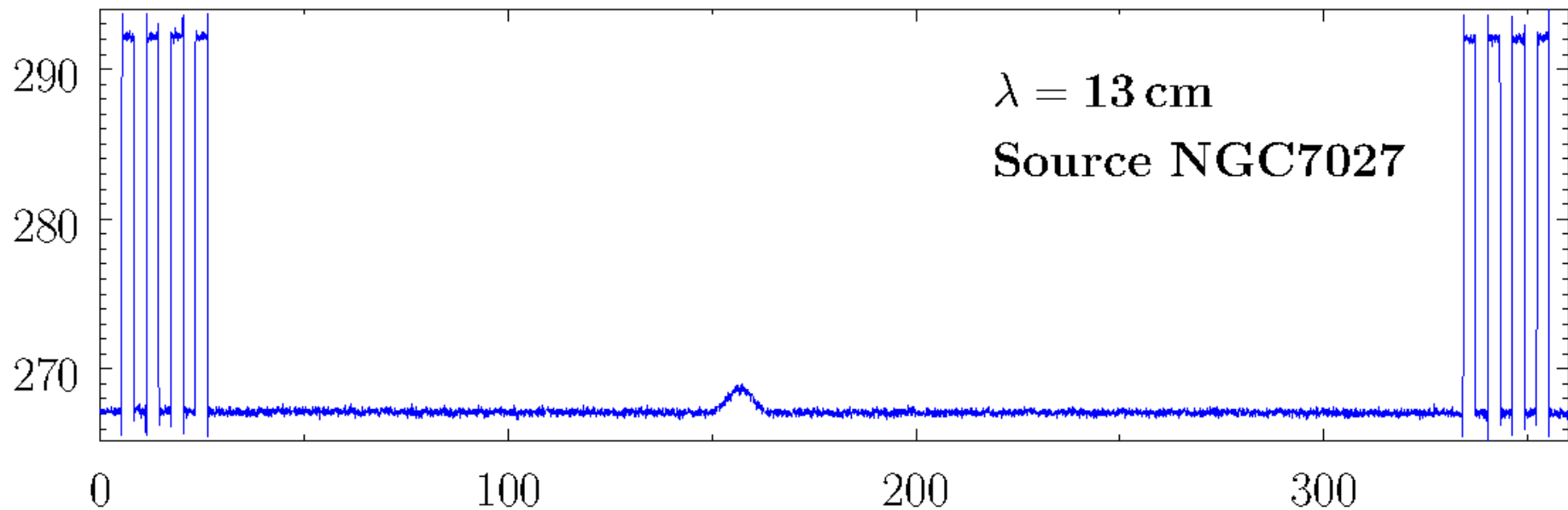
**Борьба с помехами:  
Возобновлены регулярные  
наблюдения на 13 и 25 см**

**Модульный вариант радиометра на 6  
см.**

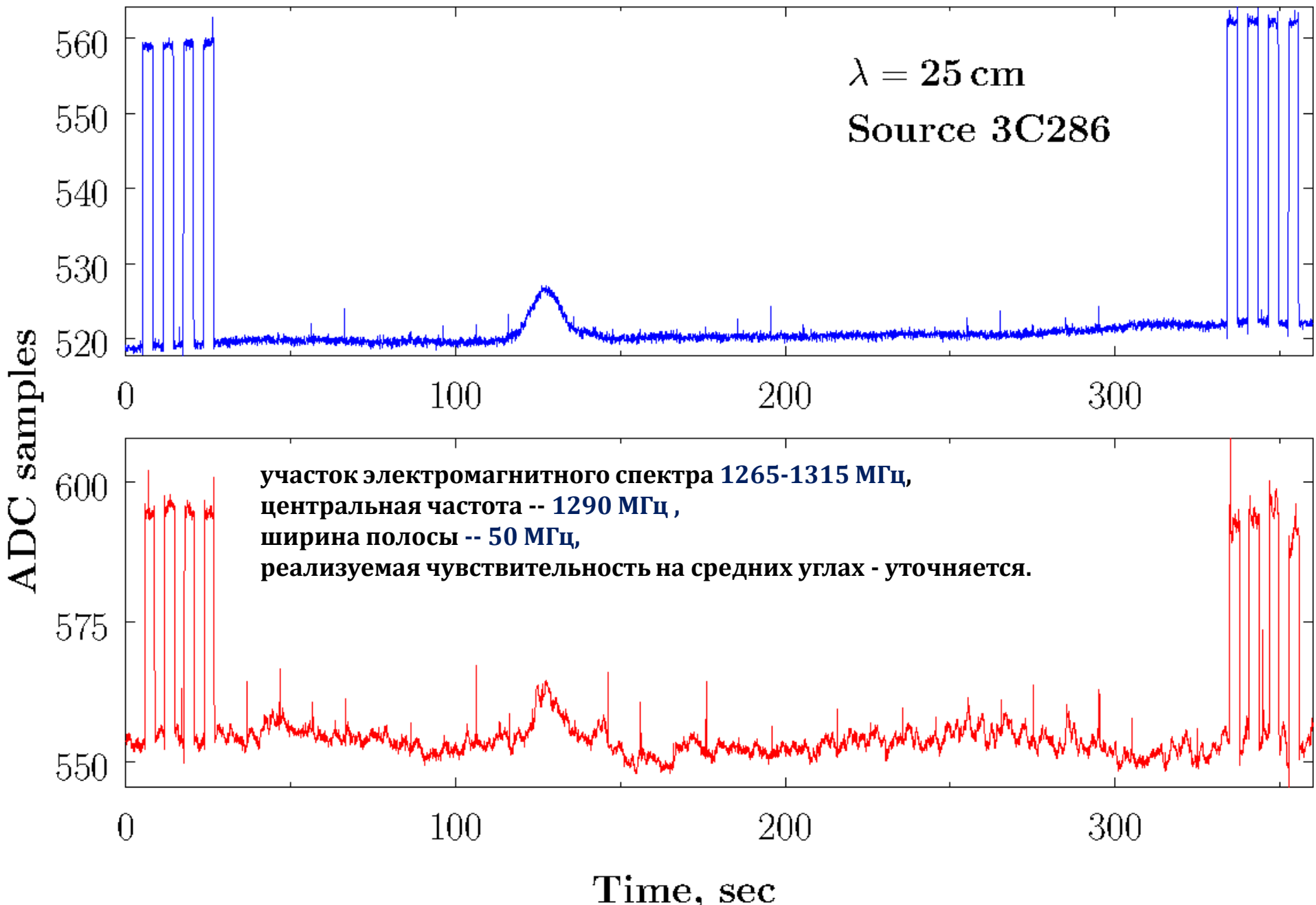


Полосно-пропускающие фильтры

# Наблюдения на 13 см

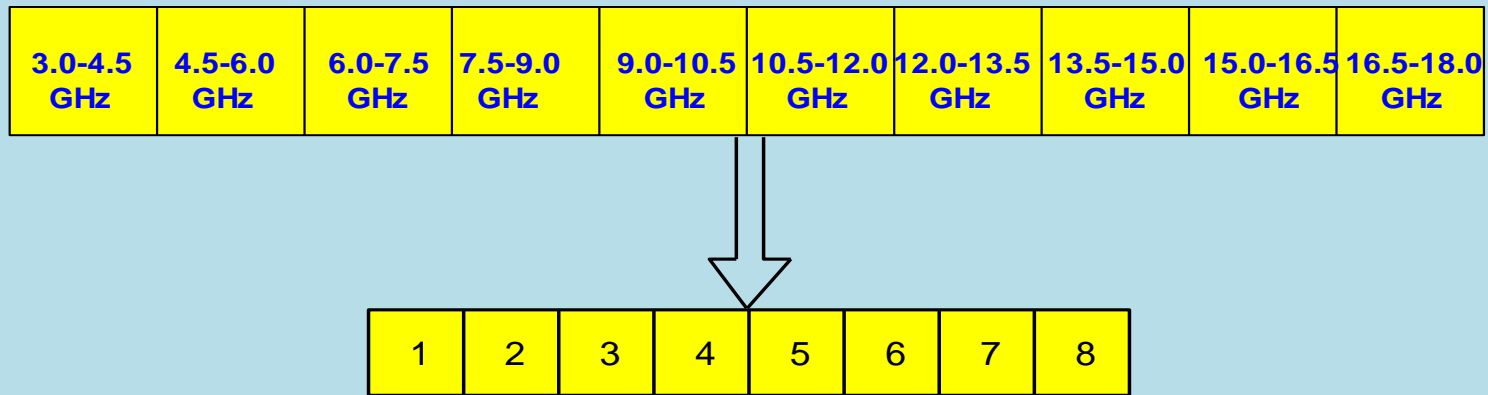


# Наблюдения на 25 см

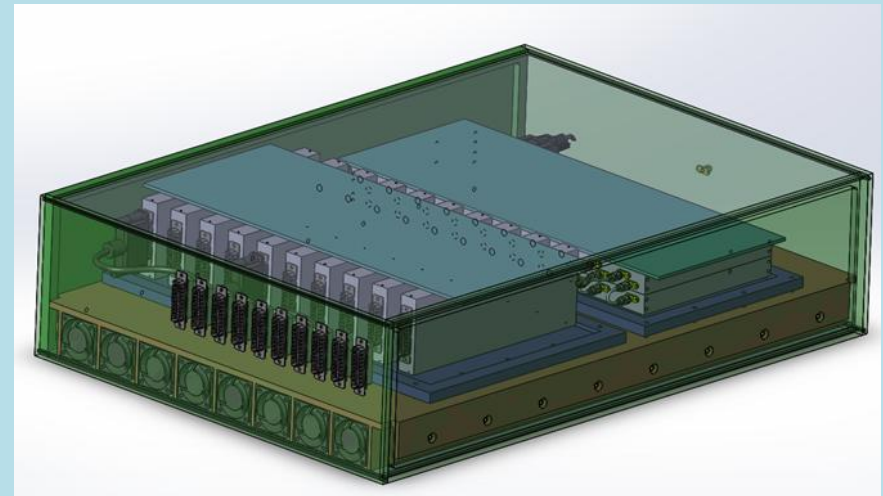
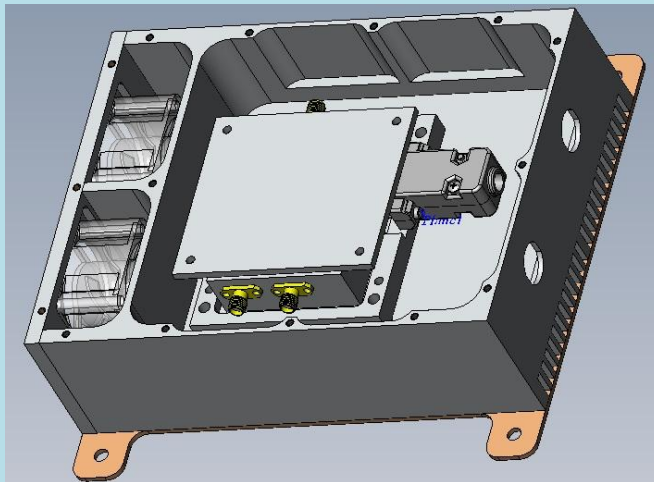


# Спектрально-поляризационный солнечный комплекс РАТАН-600 с большим динамическим диапазоном

Перекрытие частотного диапазона 3-18 ГГц

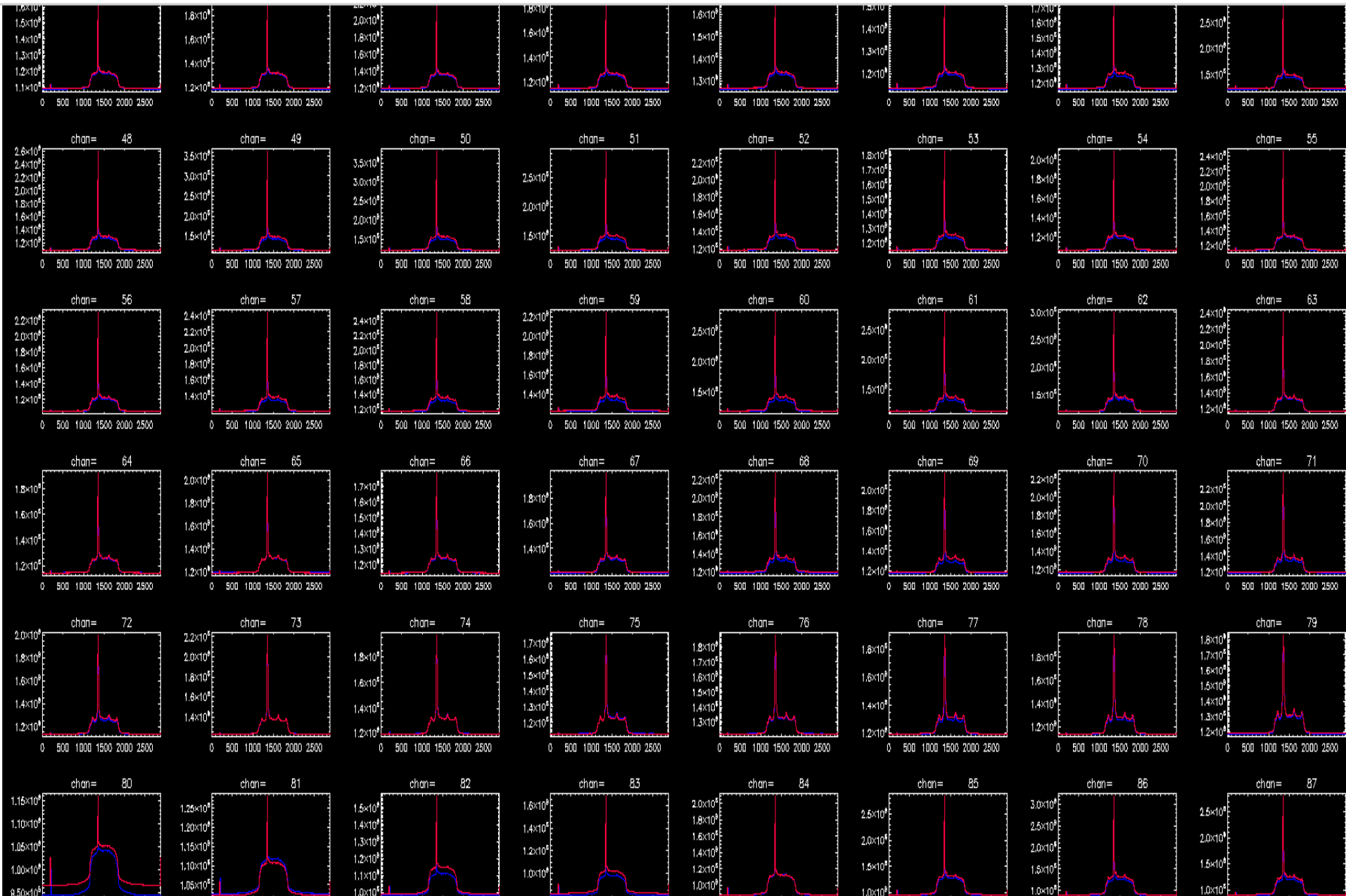


Состав: 10 широких каналов по 1500 МГц  
80 узких каналов по 100 МГц





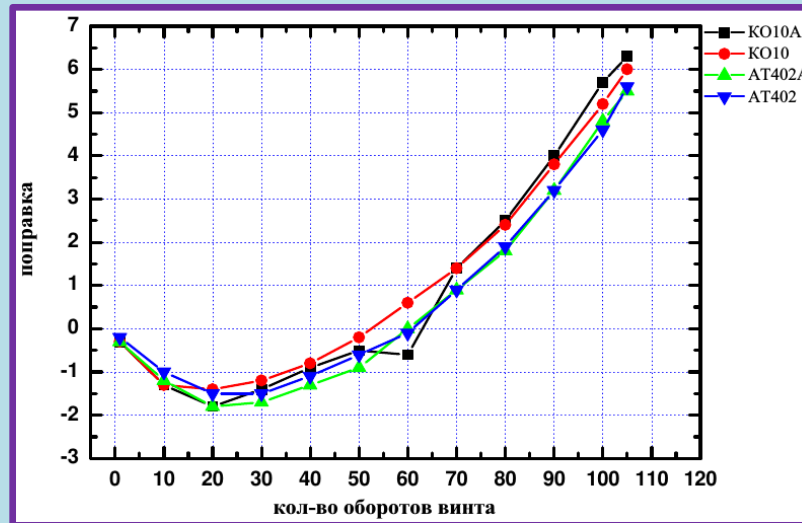
# Регистрация на новом комплексе



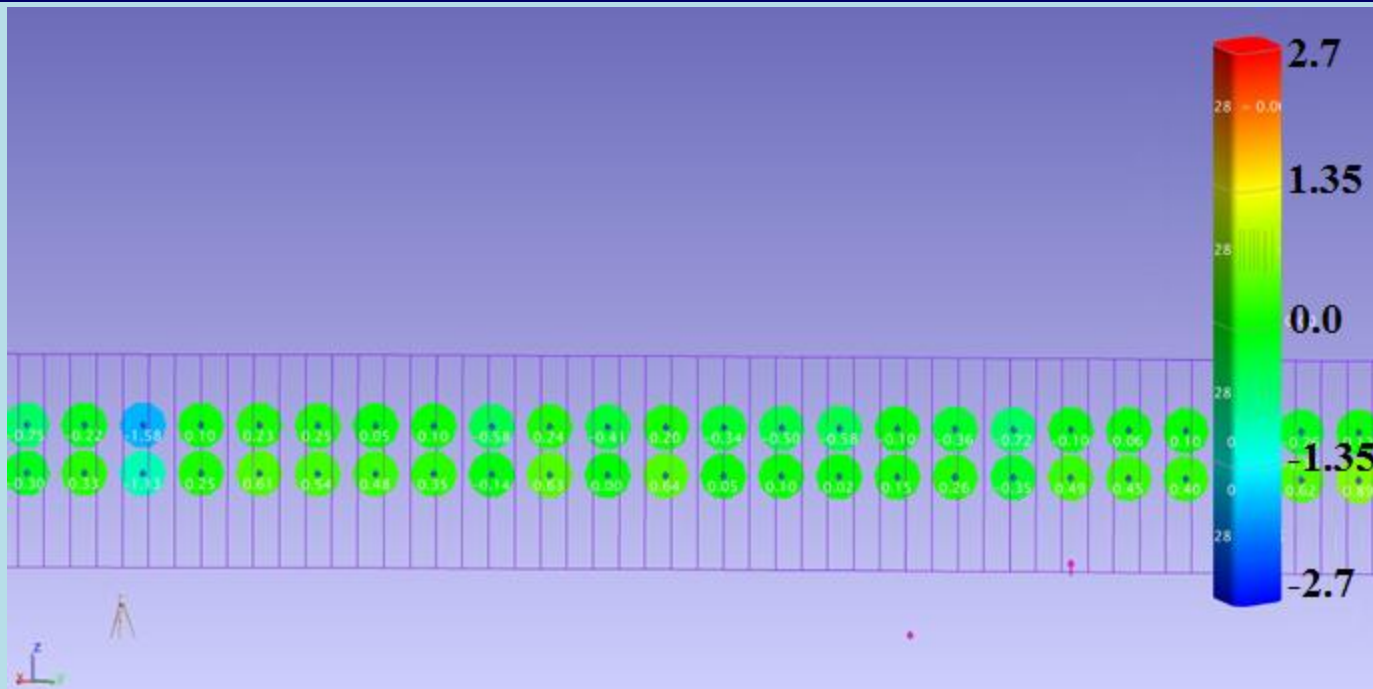
# **Спектрально-поляризационный солнечный комплекс РАТАН-600 с большим динамическим диапазоном**

- (i) Увеличение динамического диапазона до  $10^6$  К.**
- (ii) Улучшение чувствительности при наблюдениях опорных источников в 3 раза.**
- (iii) Повышение температурной стабильности и надежности.**
- (iv) Реализована автоматизация процесса наблюдений и передачи данных на современном технологическом уровне.**

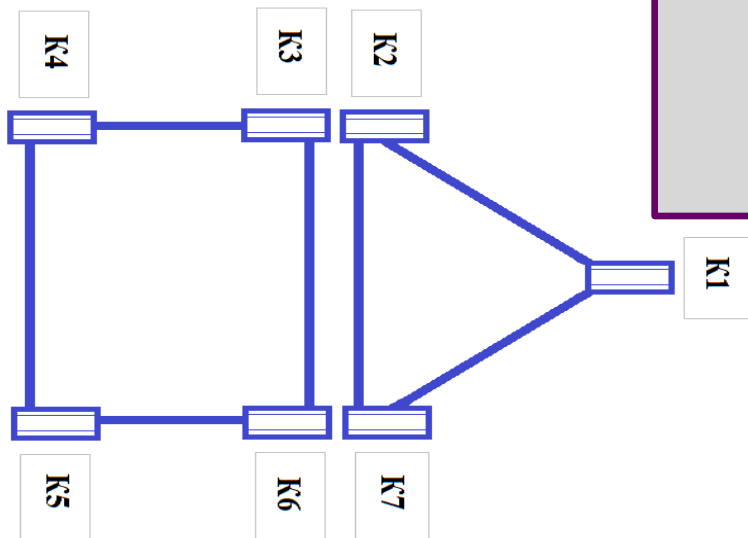
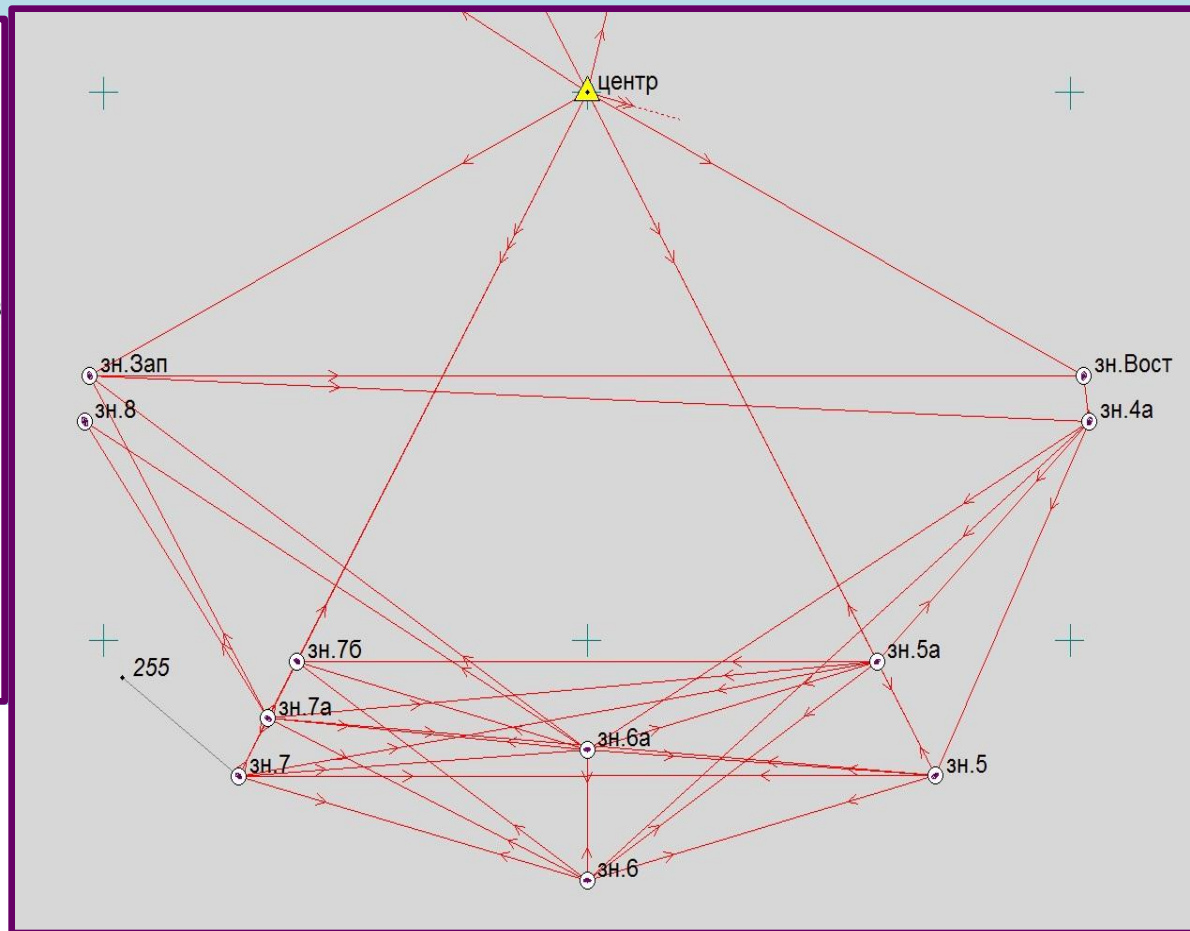
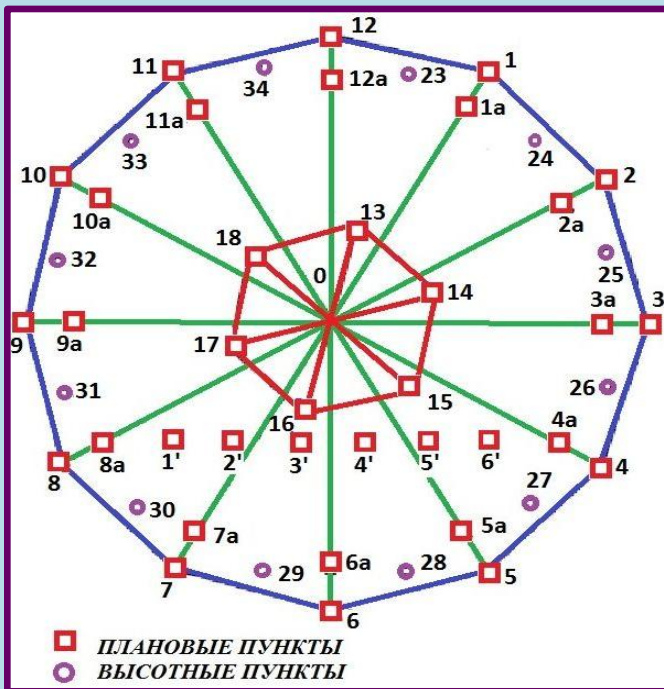
# Определение кинематических поправок



# Проверка положения элементов антенны



# Проверка опорной геодезической сети



# Мониторинг радиопеременности микроквазаров – галактических рентгеновских двойных звезд со струйными выбросами

~16812 односторонних файлов измерений потоков от микроквазаров

1) Продлен до 33 орбитальных периодов мониторинг LSI+61d303 на Южном секторе (960 дней) - орбитальный период, который и прежде был определен по радиопеременности стабилен на временах 30 лет: 26.50+-0.05 дней.

2) В мае 2016 зарегистрирована яркая вспышка SS433, которая четко определена на всех шести частотах 1, 2.3, 4.8, 8.2, 11.2 и 21.7 ГГц.

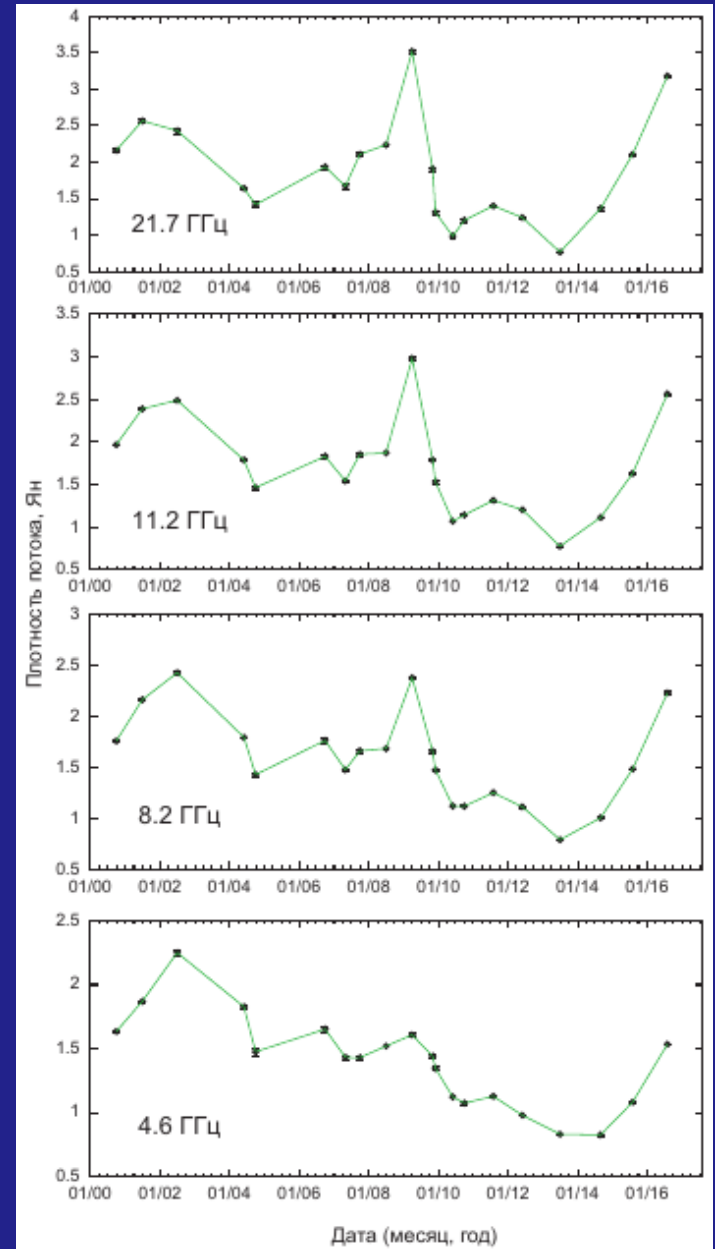
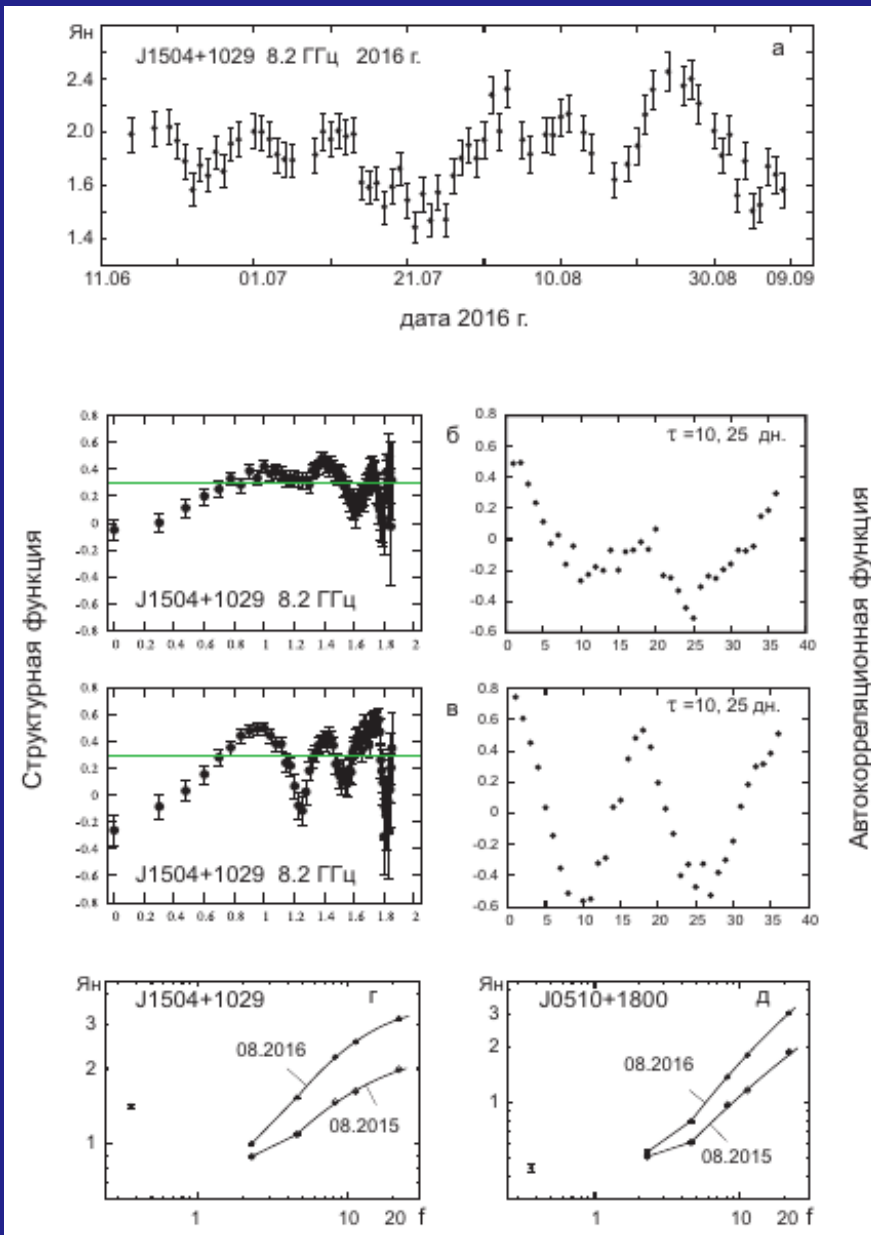
3) С начала года раз в месяц в микроквазаре GRS 1915+105 были зарегистрированы вспышки с потоком выше 100 мЯн на 4.6 ГГц и оптически тонким спектром с индексом -0.6 - -0.8.

4) В январе 2016 года в Суг X-3 была короткая фаза сверх-мягкого состояния, когда поток в жестком рентгене упал почти до нуля. Одновременно и измеренный на R-600 радиопоток сначала упал ниже 20 мЯн, а потом вырос до 300 мЯн с плоским спектром на частотах 4-11 ГГц. Во второй четверти года радиопоток четко антикоррелировал с потоком в жестком рентгене (15-50 кэВ - данные Swift/BAT).

1819-25	43
1826-14	145
1850-00	145, 118
1911+04	149, 121
1915+11	147, 119
1929+09	84, 43
1958+31	146
2007+40	146, 102
2015+37	141, 100
2023+32	34
2032+40	145, 97
0521+16	99
0627-04	145
1331+30	147
1347+12	146, 46
2107+42	141, 47
2130+04	15
0014+61	137
0236+61	143
0244+62	143

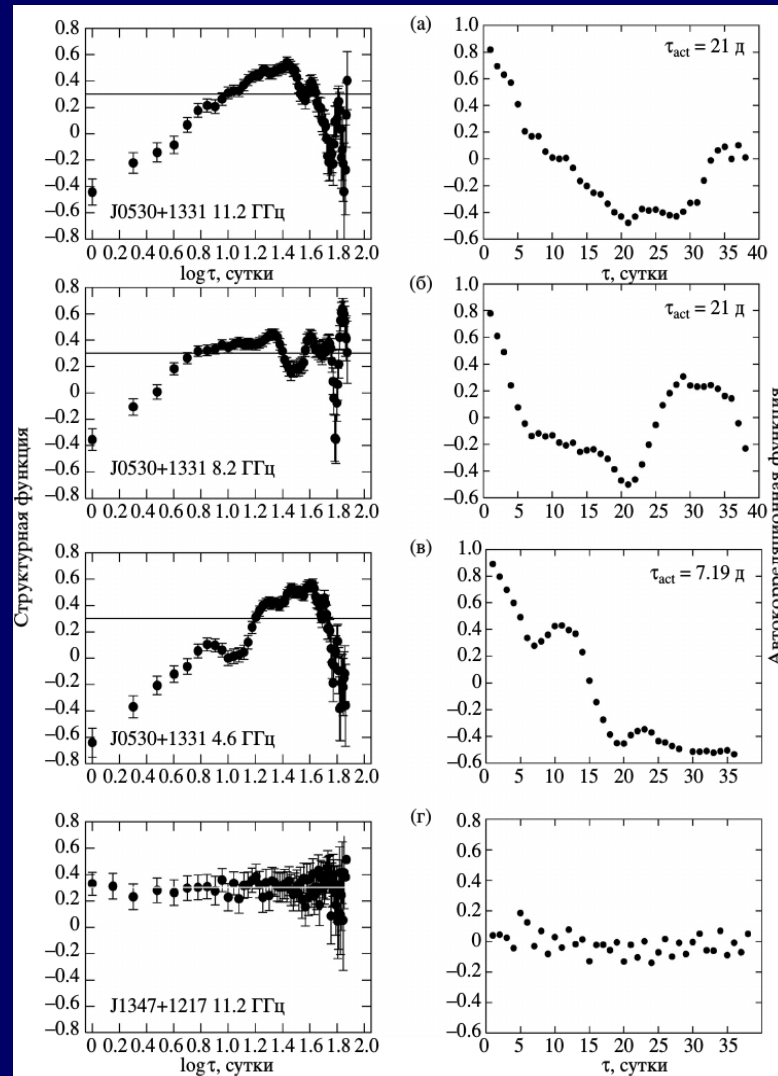
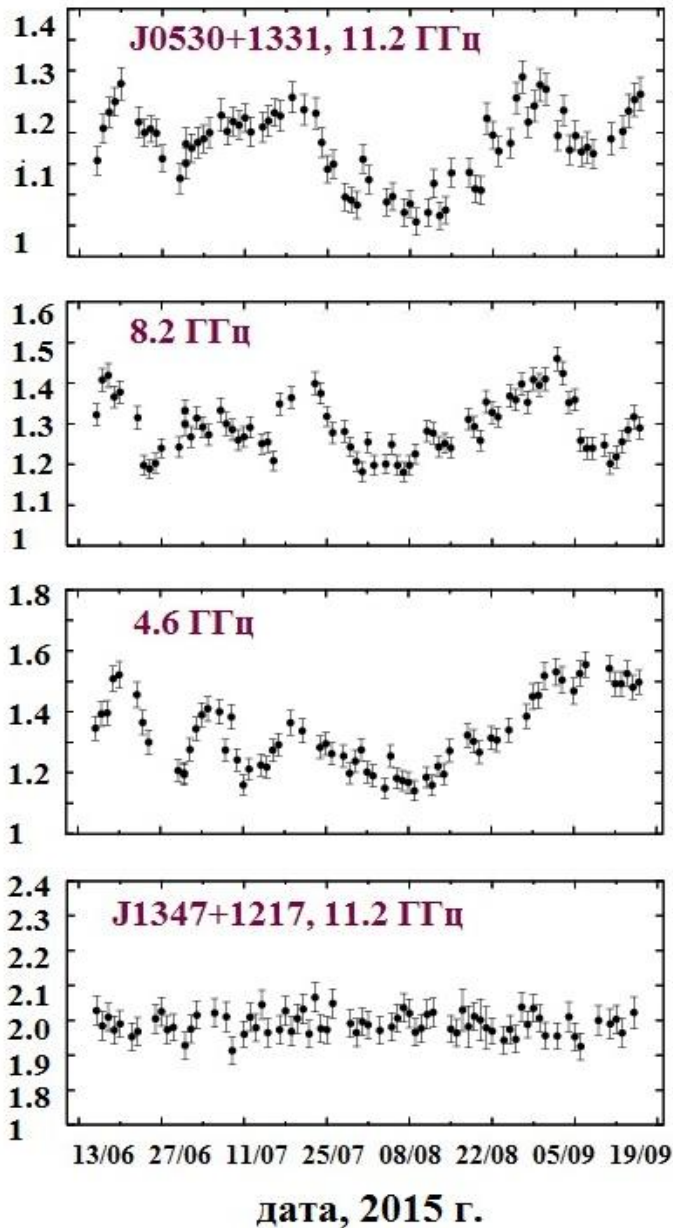
1. Jeffrey, R.~M., Blundell, K.~M., Trushkin, S.~A., Mioduszewski, A.~J., 2016, Fast launch speeds in radio flares, from a new determination of the intrinsic motions of SS 433's jet bolides, MNRAS 461, 312-320.
2. Punsly, B., Rodriguez, J., Trushkin, S.~A., 2016, The Accretion Flow-Discrete Ejection Connection in GRS 1915+105, The Astrophysical Journal 826, 5.

# Исследование переменности блазаров на масштабах времени от нескольких дней до нескольких недель (ГАИШ МГУ)



# Исследование переменности блазаров на масштабах времени от нескольких дней до нескольких недель (ГАИШ МГУ)

Плотность потока, Ян



Короткая переменность плотности потока радиоизлучения блазара J0530+1331, АЖ 42, 8 (2016).

# Исследование центральных областей ядер активных галактик (АКЦ ФИАН, РадиоАстрон)

➤ 6 публикаций в рецензируемых журналах, 2013-2016:

Astrophys. J. Letters, **820**, L9 (2016)

Astronomy & Astrophysics, **573**, A50 (2015)

Astronomy & Astrophysics, **565**, A26 (2014)

Космические исследования, **52**, 430 (2014)

Astronomy & Astrophysics, **556**, A67 (2013)

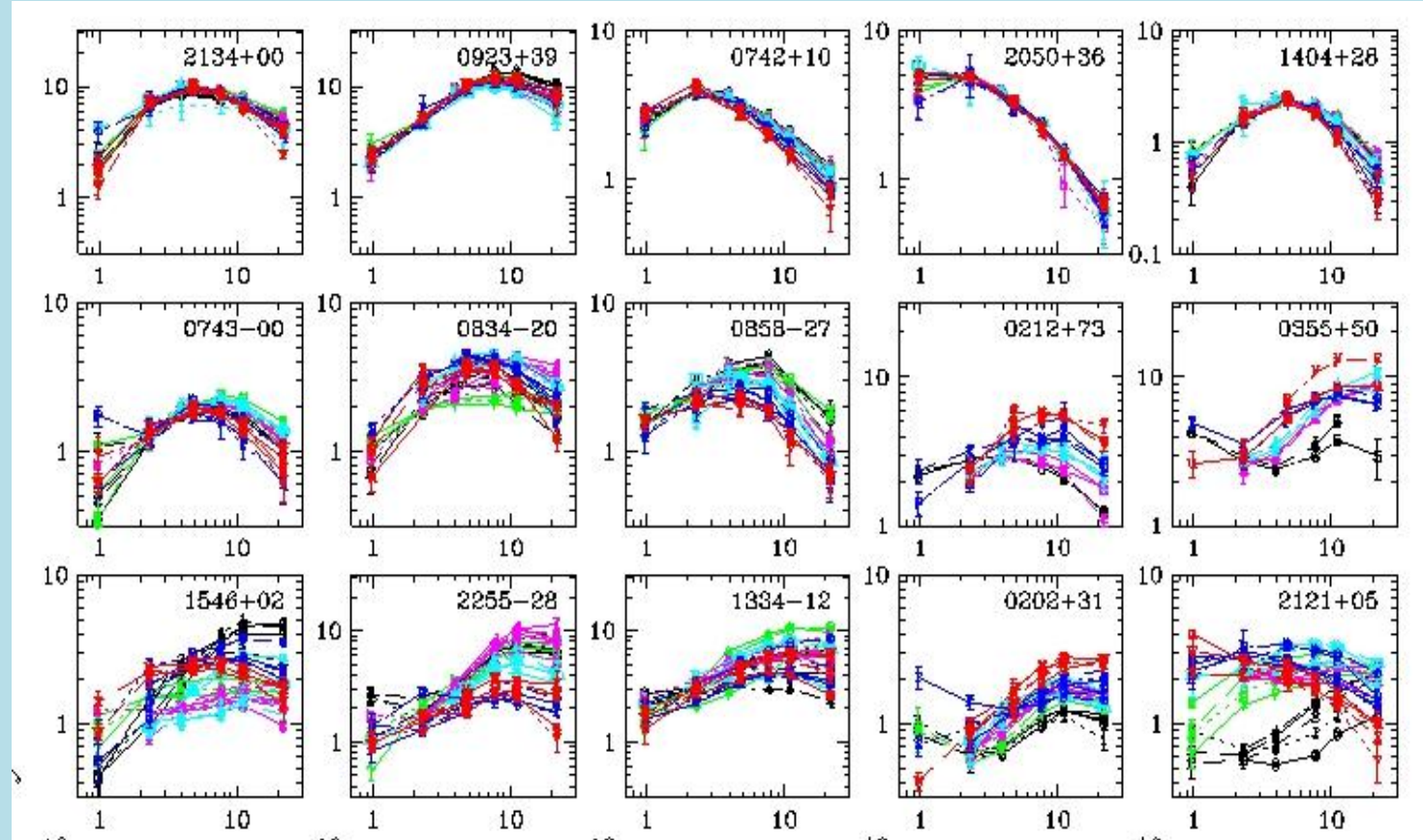
Астрономический журнал, **90**, 179 (2013)

➤ Сформирована выборка АЯГ-кандидатов для исследований предсказанной экстремальной яркости в 2016-17 на РадиоАстроне: с простыми типами Р600-спектров – сильно и слабо переменными за 11 лет.





# Кандидаты для картографирования (АКЦ ФИАН)



**ЗАВИСИМОСТЬ ПЛОТНОСТИ ПОТОКА (Ян) от ЧАСТОТЫ (ГГц)**

**Примеры для 2-х типов простых Р-600 спектров за 11 лет (3-4 спектра / год).**

**Слабо переменные – с максимумом (1-я строка), сильно переменные – с максимумом (2-я строка) и растущие (3-я строка). Для сравнения последним показан объект со сложным сильно переменным спектром – 2121+05.**

# Мониторинг блазаров на РАТАН-600 (1600)

RATAN-600 multi-frequency data for the BL Lac objects (549) (Mingaliev et al., A&A, 2014)  
BLcat Edition 1.2, February 2016

The Roma BZCAT - 5th edition  
Multi-frequency Catalogue of Blazars  
Edition 5.0.0 (Massaro et al., 2009, 2015)

RATAN-600 multi-frequency data for the BL Lac objects

BLcat Edition 1.1, February 2015  
M.G. Mingaliev, Yu.V. Sotnikova, R.Yu. Udovitskiy, T.V. Mufakharov, E.Nieppola, and A.K. Erkenov

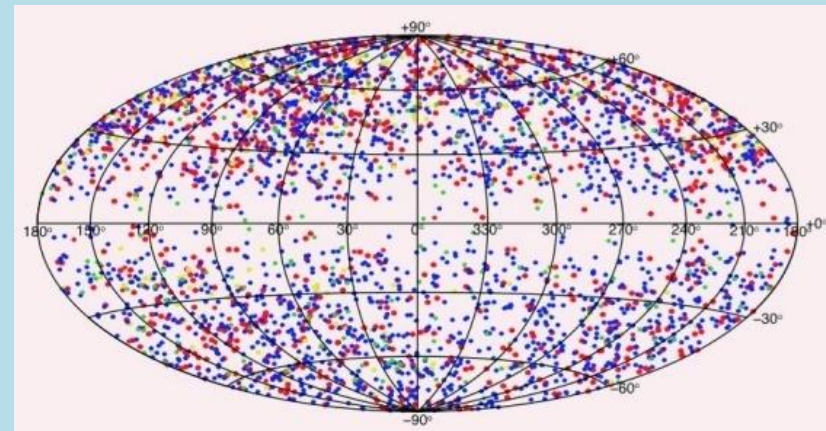
ADS abstract

00h-04h 04h-08h 08h-12h 12h-16h **16h-20h** 20h-24h

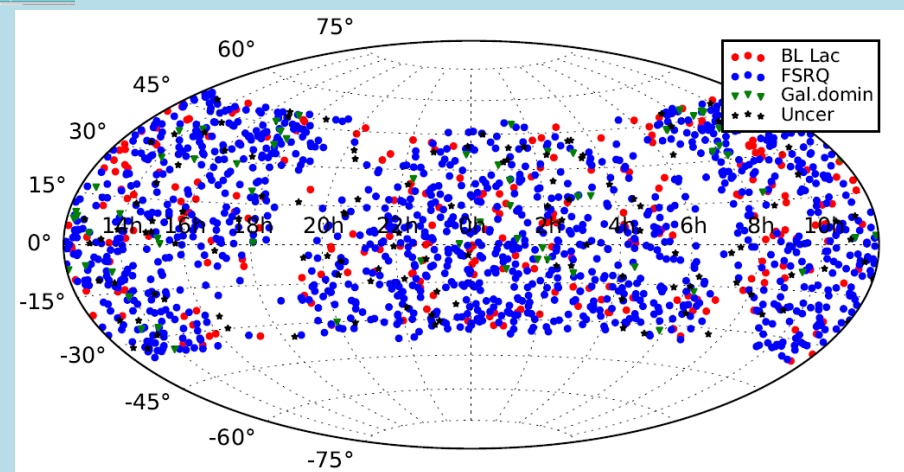
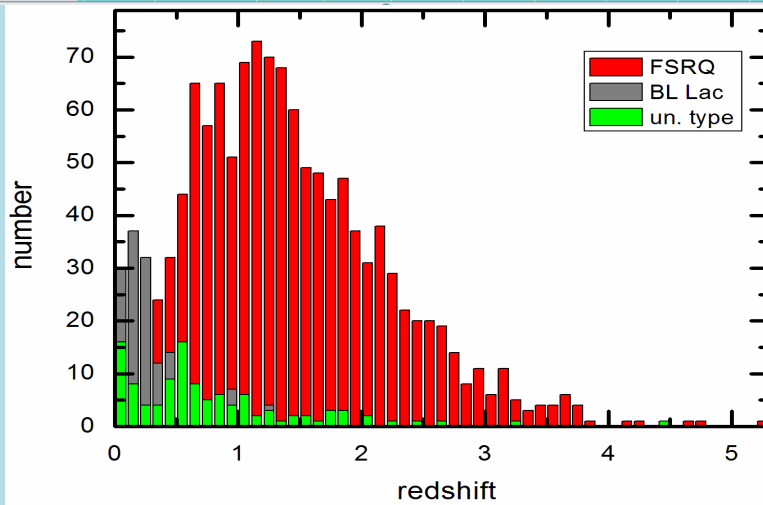
Search by name

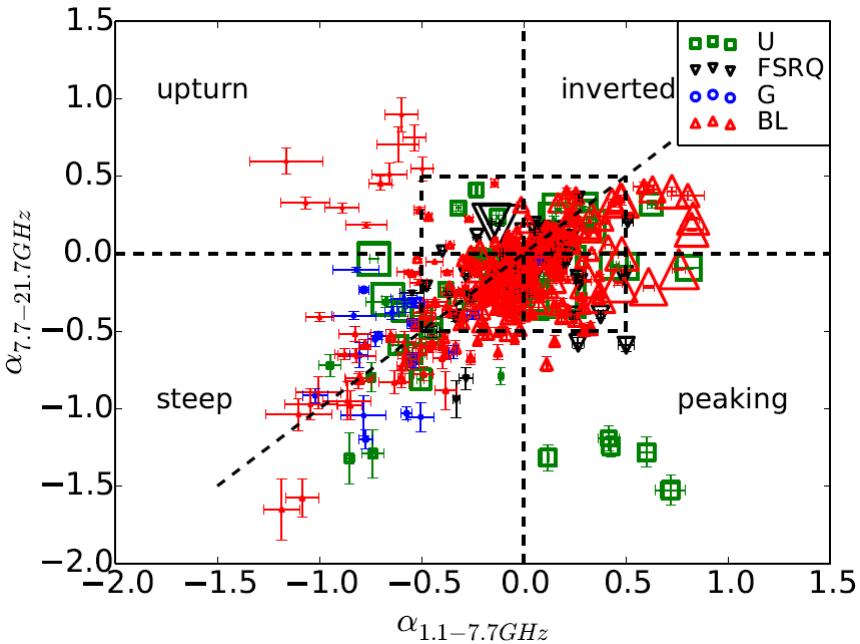
Page number: 1 Page Size (# of lines) all Refresh page(def option)

Entry number select all	RATAN data	Set	Source name RA Dec name	Ra (J2000.0)	Dec (J2000.0)	Redshift	Rmag	Log V <sub>peak</sub>	Flux density	SED class	Blazar type	Selected type	Reference
343	Data Explorer	2	160207+332653	16:02:07	33:26:53	1.1	23	11.97	1.857	LSP	Blazar-un.type	RBL	29
344	Data Explorer	11	160341+110548	16:03:41	11:05:48	0.143	18.1	13.44	0.344	LSP	BL-Lac	RBL	43
345	Data Explorer	9	160706+155134	16:07:06	15:51:34	0.357	17.5	14.73	0.435	ISP	BL-Lac	RBL	10
346	Data Explorer	1	161002+671029	16:10:02	67:10:29	-	19.3	17.45	0.059	HSP	BL-Lac	RBL	61
347	Data Explorer	-	161706+410647	16:17:06	41:06:47	0.267	17.7	13.94	-	LSP	BL-Lac	RBL	60
348	Data Explorer	3	161823+363201	16:18:23	36:32:01	0.73	18.7	14.63	0.263	ISP	BL-Lac	RBL	30



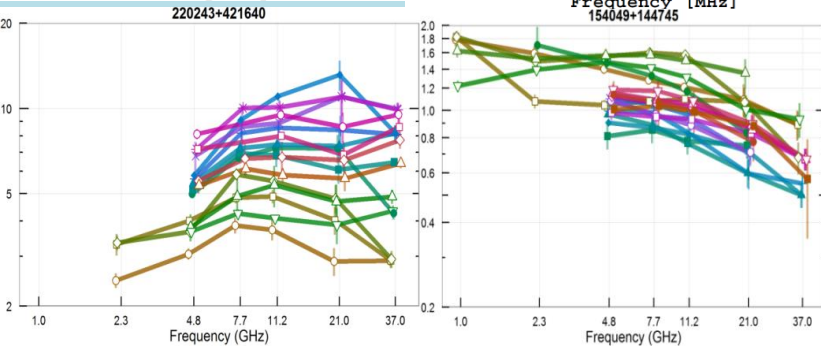
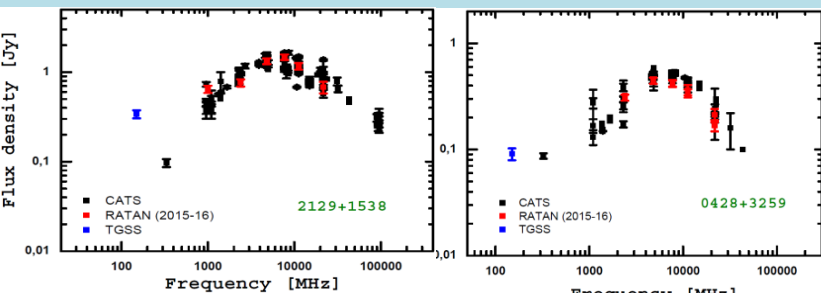
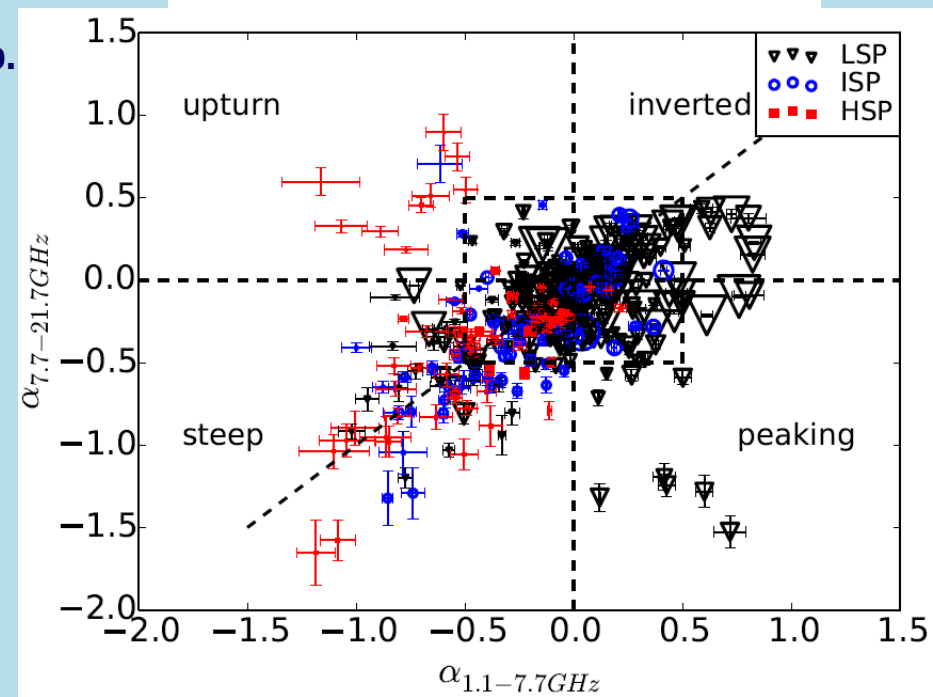
РАТАН-600 ( $S > 100$  мЯн на 1.4 ГГц)





Class	N sources	$\alpha$ average	$\alpha$ median
1.1 – 7.7 GHz			
HSP	55	-0.61	-0.55
ISP	65	-0.28	-0.26
LSP	190	-0.05	-0.03
7.7 – 21.7 GHz			
HSP	85	-0.27	-0.30
ISP	154	-0.19	-0.16
LSP	668	-0.12	-0.10
7.7 – 37 GHz			
HSP	25	-0.15	-0.14
ISP	29	0.03	-0.01
LSP	265	0.01	0.02

**U** - blazar un. type, **FSRQ** - QSO RCloud flat radio sp.  
**G** - BL Lac-galaxy dominated, **BL** - BL Lacertae



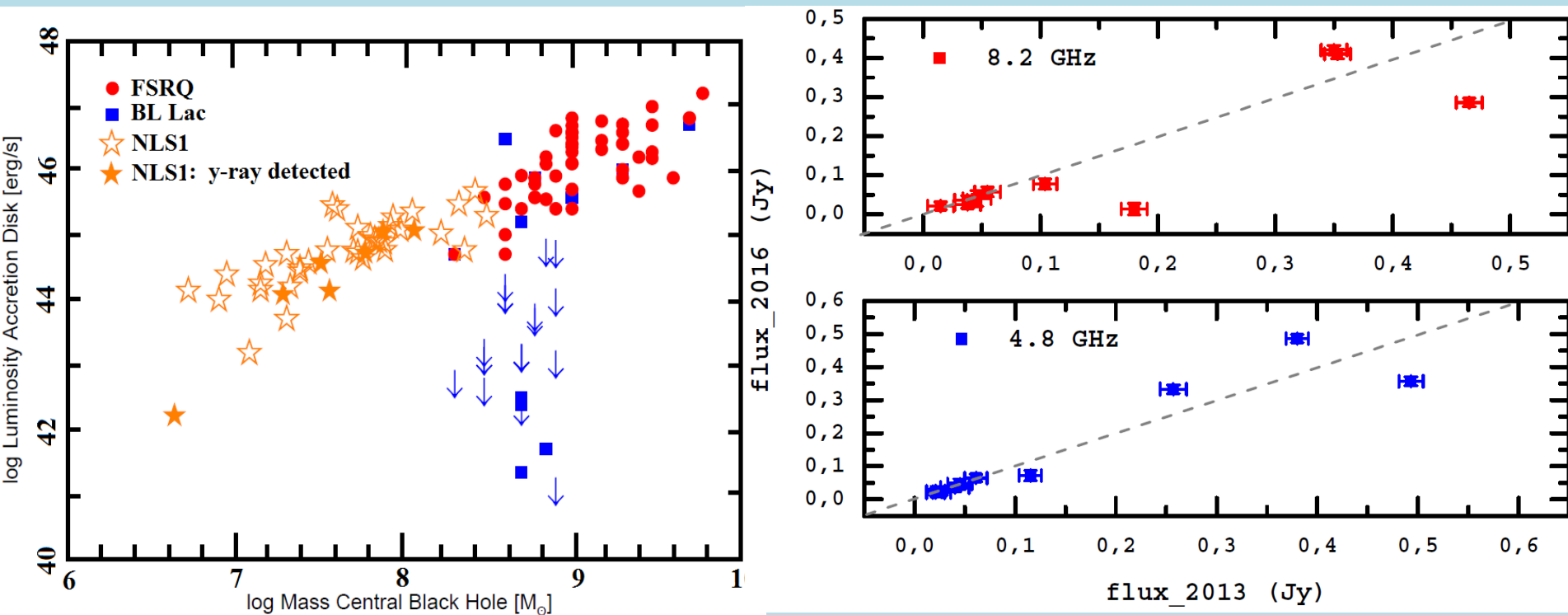
**(Mingaliev et al., MNRAS submitted 2016)**

# Narrow-Line Seyfert 1 Galaxies (NLS1)

## Aalto University Metsahovi Radio Observatory

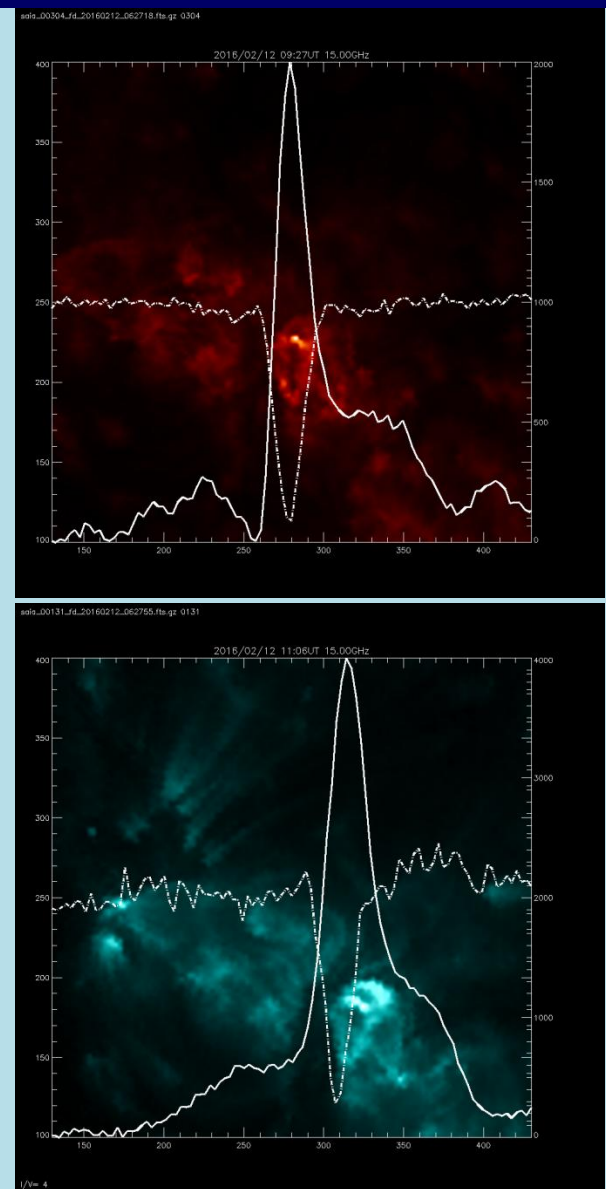
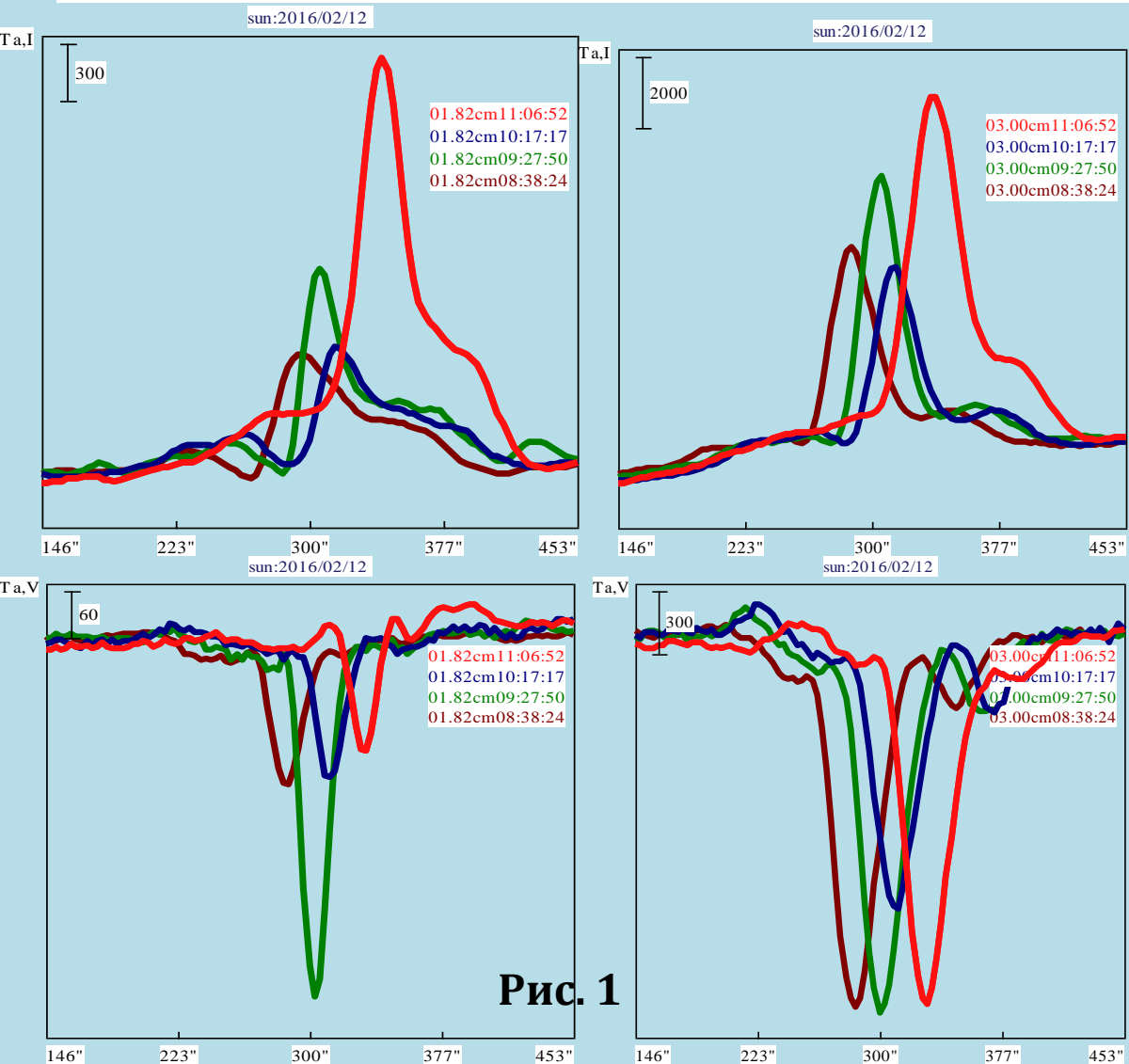
- Komossa (2006) – крутой спектр, подобно CSS (compact steep spectrum);
- Yuan (2008) - плоский спектр, подобно блазарам или “перевернутые” спектры (Dallacasa et al. 2000).

Обнаружение в гамма-лучах в 2008 г. (Abdo et al., 2009)

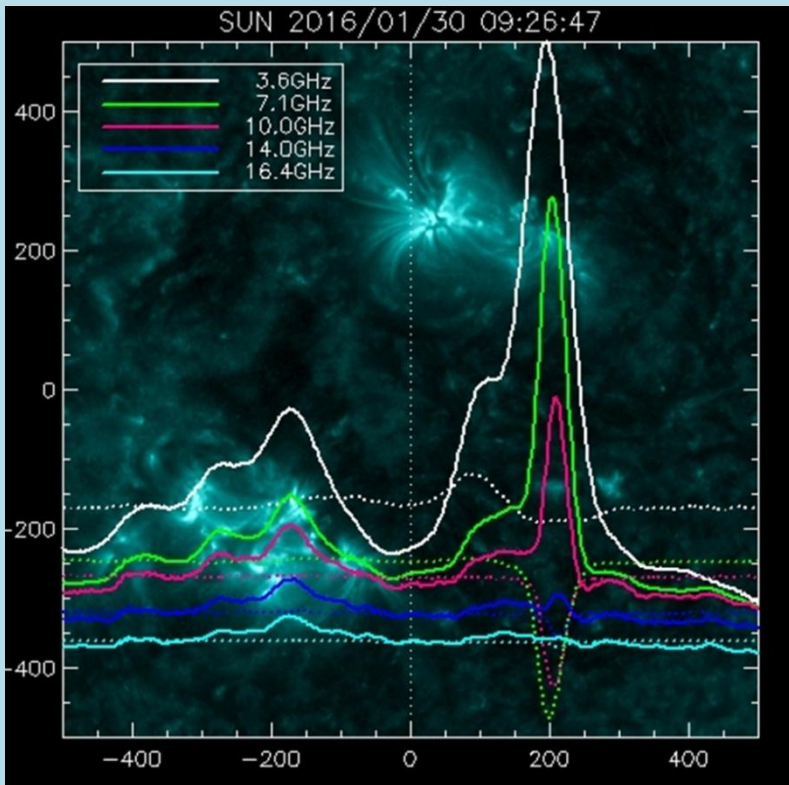


# Быстрые изменения в микроволновом излучении АО 12497 до и после вспышки балла M1.0 (12.02.2016)

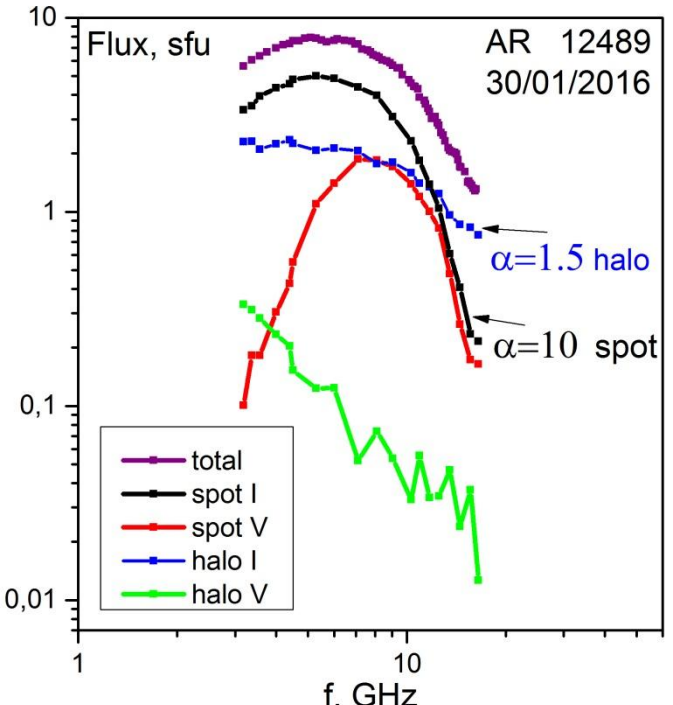
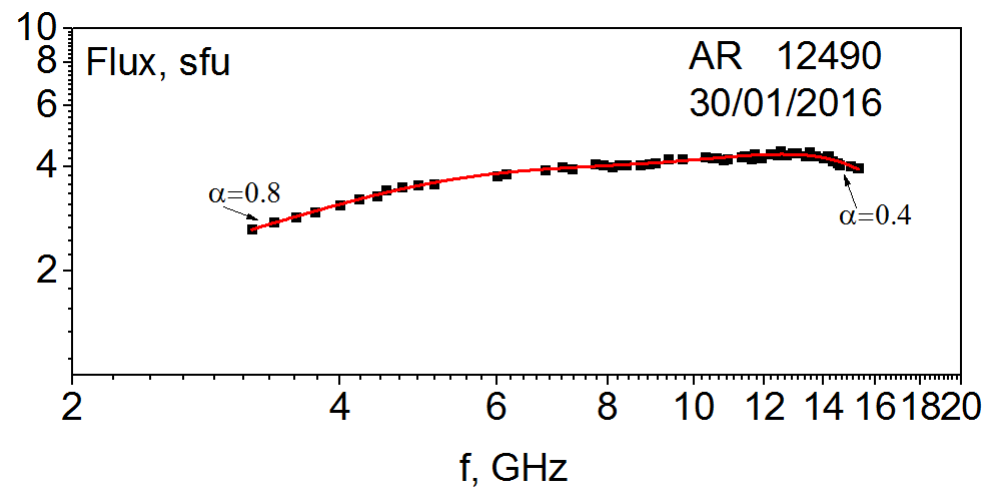
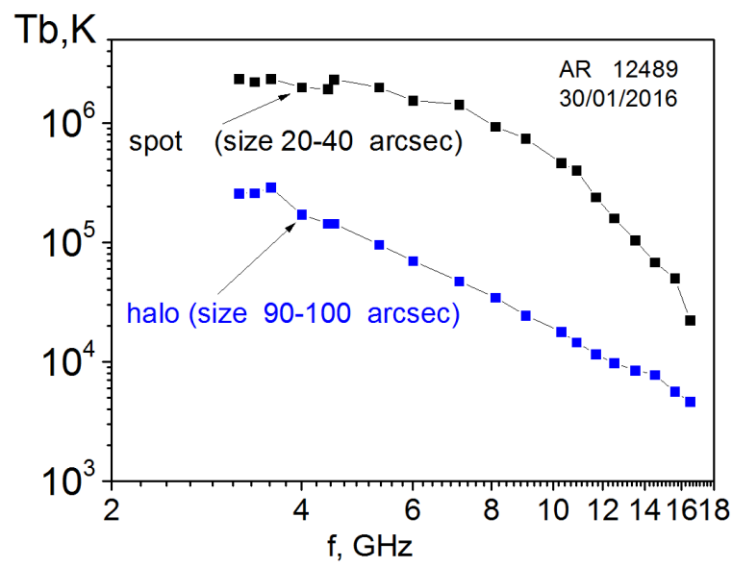
Event#	EName	Start	Stop	Peak	GOES Class	Derived Position
1	gev_20160212_1036	2016/02/12 10:36:00	10:53:00	10:47:00	M1.0	<a href="#">N11W14 (2497)</a>



# Микроволновые наблюдения флоккулов и корональных аркад

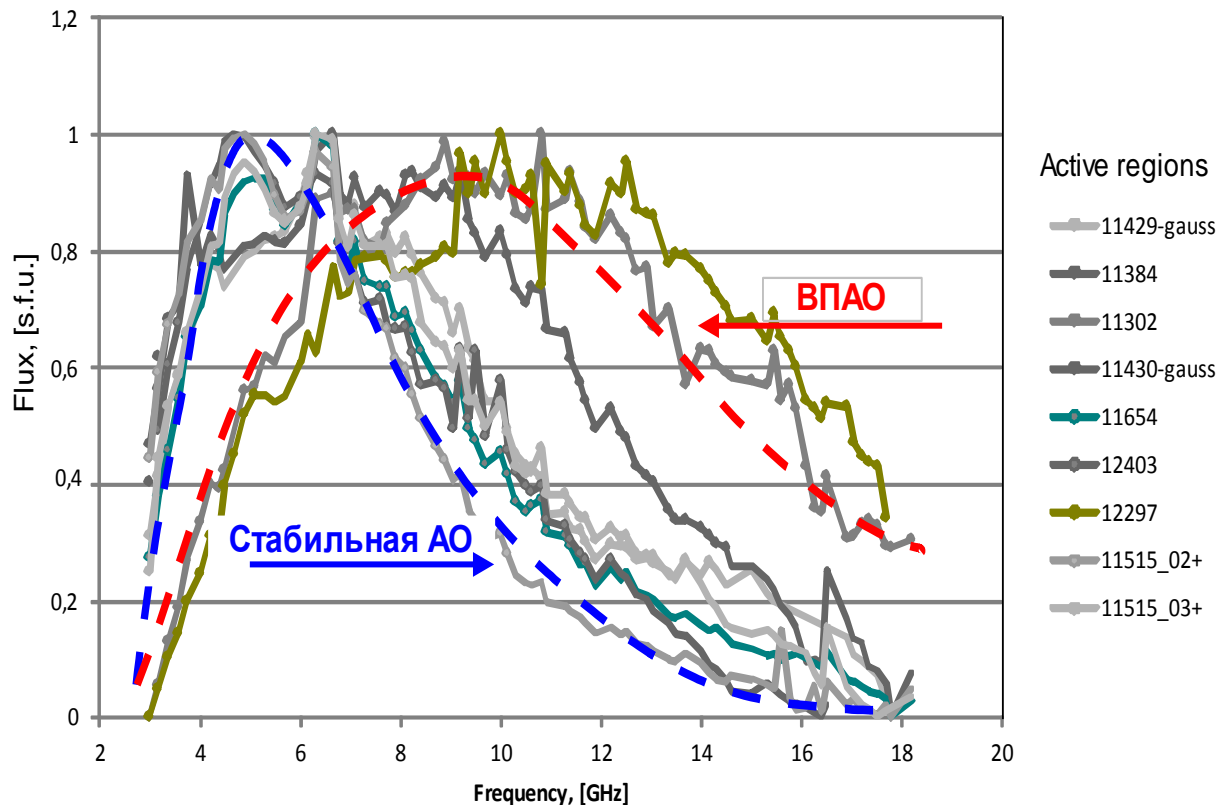


131 A,  
3.6 GHz  
7.1 GHz  
10.0 GHz  
14.0 GHz  
16.4 GHz



# Прогноз вспышечной активности по критерию Танаки-Еноме

Normalized full fluxes,  $F_{max} = 1$



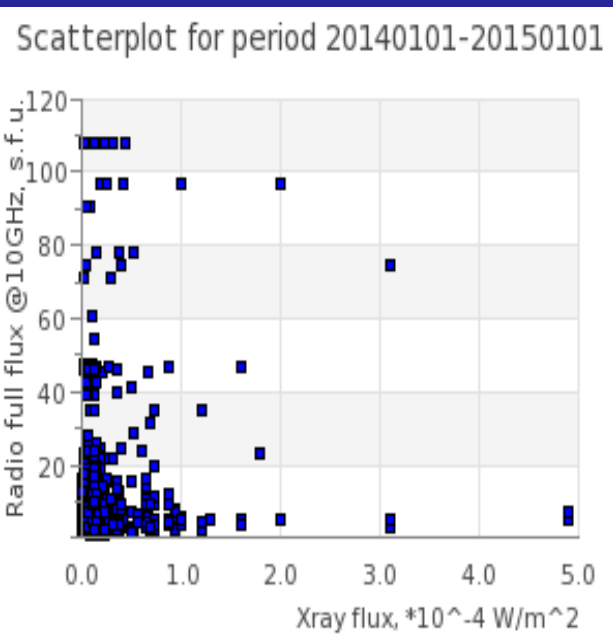
Спектр потока ВПАО  
растет перед  
вспышками на  
коротких волнах

Нормализованные  
спектры потока  
излучения стабильных  
активных областей  
NOAA 11429, NOAA 11430,  
NOAA 11515, NOAA 11654,  
NOAA 12403 по  
сравнению со  
вспышечно-  
продуктивными  
NOAA 12297, NOAA 11302

# Статистический анализ периода данных 01012014 -01012015

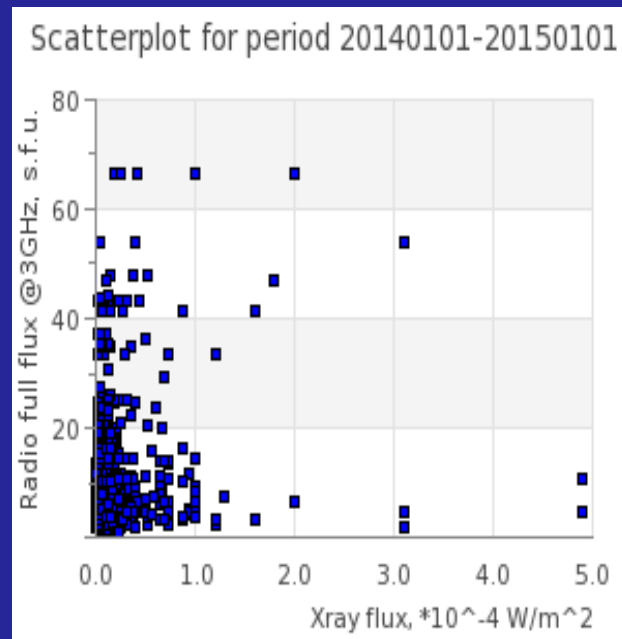
10 ГГц

Потоки R - X-ray



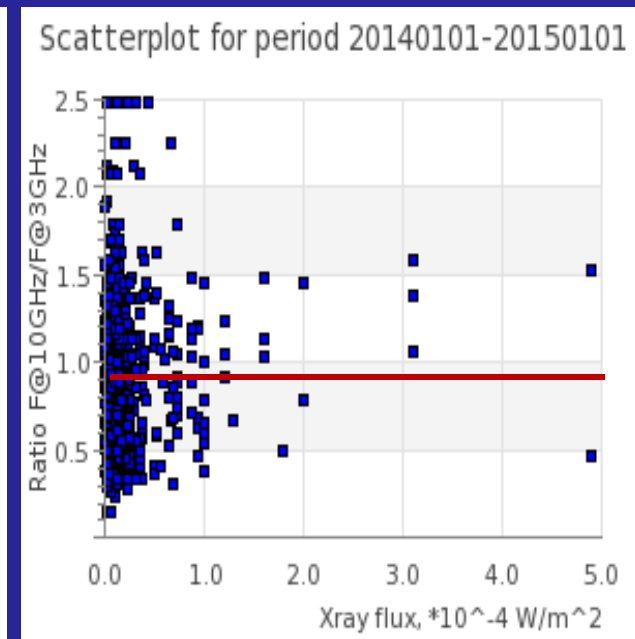
3 ГГц

Потоки R - X-ray



10/3 ГГц

Потоки R - X-ray





# Результаты проверки эффективности критерия Т-Э True Skill Statistic (TSS) method

В период с 1 июня 2011 года по 27 января 2013 проанализировано 4677 наблюдений

ПРОГНОЗ для протонных событий

		1	0
Наблюдения	1	11	52
	0	214	4400

ПРОГНОЗ для вспышек классов М и Х

		1	0
Наблюдения	1	80	398
	0	145	4054

Индексы эффективности

События	ACC	TSS
Протонные события	94%	13,2%
Вспышки классов М и Х	88%	12,8%

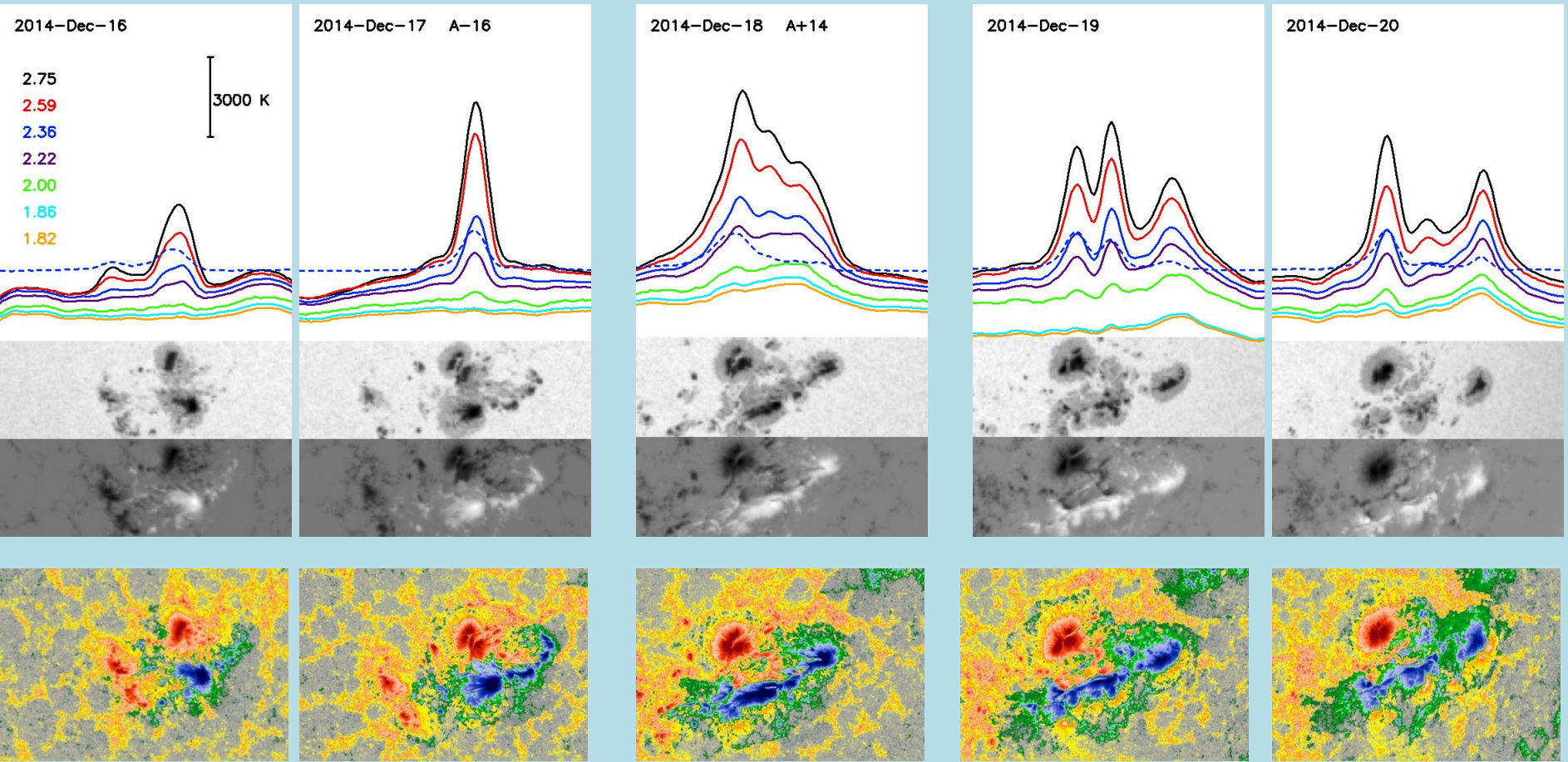
ACC отображает процент верных прогнозов

$$ACC = \frac{TP + TN}{TP + FN + FP + TN}$$

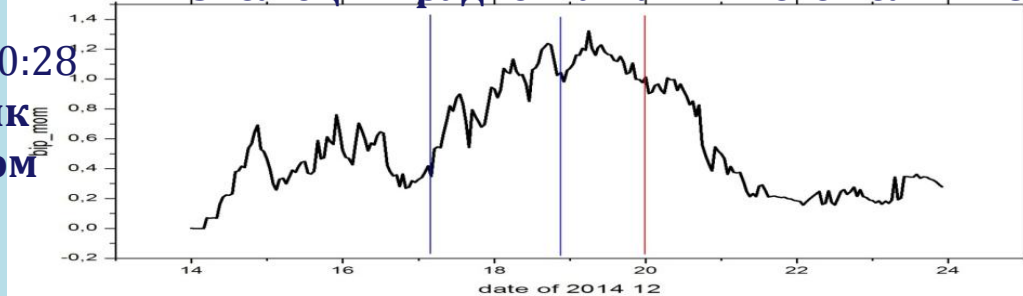
TSS имеет смысл разности оценок вероятностей верного (Probability of Detection) и ложного (Probability of False Detection) обнаружений соответственно.

$$TSS = \frac{TP}{TP + FN} - \frac{FP}{FP + TN}$$

# Эволюция микроволнового излучения AO12242 перед вспышкой X1.8 (ГАО РАН, ГАС ГАО РАН)



## Эволюция градиента магнитного поля в АО



За два дня до вспышки X1.8 (20 декабря в 00:28 UT) развивается микроволновый источник над областью с максимальным градиентом магнитного поля на фотосфере

# Планы

- ❖ Разработка нового программного обеспечения по подготовке и проведению наблюдений: расчет антенны с новыми элементами/режимами, реализация сокращения времени на установку антенны за счет улучшения ее динамических характеристик (определение кинематических поправок новым методом).
- ❖ Измерение и исправление отражающей поверхности отдельных элементов главного и вторичных зеркал.
- ❖ Внедрение модульного варианта радиометров 6 и 1.38 см (вторичные зеркала 1 и 2). Мониторинг помеховой обстановки, ввод в штатную эксплуатацию радиометров на 25 и 13 см.
- ❖ Увеличение точности позиционирования вторичных зеркал.
- ❖ Архивизация наблюдательных данных и организация к ним доступа; сопровождение и поддержка баз данных <http://www.spbf.sao.ru/prognoz/>, <http://www.sao.ru/blcat/>.

